

„Zukunftsfähigkeit durch Erhöhung der Fertigungsflexibilität“

Zusammenfassung der Inhalte des VDMA-VDG Fachgespräches am 7.7.2005 in Düsseldorf

Die Frage der Zukunftsfähigkeit von Gießereien ist unmittelbar mit der Notwendigkeit einer ausgeprägten Veränderungsfähigkeit verknüpft. Herausforderungen müssen schnell aufgegriffen werden. Das Know-how muss erhalten und neue Kompetenzen müssen geschaffen werden. Kooperationen und Netzwerke, insbesondere auf den Feldern Ressourcen- und Wissensmanagement, müssen aktiv aufgebaut und gefördert werden. Das Ziel, intelligenter und damit ökonomischer zu produzieren, erfordert neues ganzheitliches Denken mit einer konsequenten Nutzung und Optimierung der Informationstechnologien und der gesamten Logistikkette.

Gießen ist ein sehr leistungsfähiges und wirtschaftliches Formgebungsverfahren mit einer hohen Konstruktionsfreiheit, die es – je nach angewandter Verfahrensvariante – erlaubt, nahezu jede Bauteilgeometrie herzustellen. Die deutschen Gießereiunternehmen, die überwiegend mittelständisch strukturiert sind, nehmen aufgrund ihrer Technologiekompetenz weltweit eine führende Stellung ein. Zu den Hauptabnehmerbranchen der Gießereien zählen der Automobil- und Maschinenbau. Insbesondere für den Automobilbau haben sich die Gießereien vom Bauteil- zum Systemlieferanten entwickelt. Um diese Position in Zukunft behaupten zu können, sind nach einer Branchenstudie des VDG insbesondere folgende Erfolgsfaktoren als kritisch zu bewerten: Preis, Optimierung der Wertschöpfungsprozesse, Lieferzeit, Mitarbeiterqualifikation und Produktqualität sowie Produktentwicklung. Die technische Innovationsfähigkeit der deutschen Gießereiindustrie ist daher ein unverzichtbarer Bestandteil für die Standortsicherung.

Erfolgreiche und zukunftsfähige Gießereien werden eine konsequente Kundenorientierung praktizieren und die Kundenzufriedenheit als Voraussetzung für einen nachhaltigen wirtschaftlichen Erfolg anstreben. Folgenden Kompetenzfeldern kommt durch eine derartige Ausrichtung besondere Bedeutung zu:

1. Prozess – Produktion – Produkte
2. Wissensmanagement
3. Ressourcenmanagement
4. Umwelt

In Zusammenarbeit mit dem Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe, Bereich Produktion und Fertigungstechnologien sowie dem Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) veranstaltete der Verein Deutscher Gießereifachleute e.V. (VDG) am 07.07.2005 in Düsseldorf ein Fachgespräch zur Identifikation von Forschungs- und Entwicklungsbedarf für die zukünftige Gießereiproduktion am Standort Deutschland.

Das Tagesprogramm griff dazu Schlüsselthemen auf, die die Notwendigkeit von Forschung und Entwicklung auf den entscheidenden Kompetenzfeldern verdeutlichen sollen:

Technologische Situation und Herausforderungen der deutschen Gießereiindustrie Dr. G. Wolf, VDG

Forschung und Entwicklung - Voraussetzung für Dr. E. Flender, MAGMA GmbH

erfolgreiche Veränderungsfähigkeit

Aufbau und Nutzung von Netzwerken

Beherrschen der Logistikkette-Integration von Teilergebnissen-Synergiepotenziale

Dr. T. Zeuner,
Kloth-Senking Metallgießerei

Intelligente Produktionssysteme

Nachhaltige Fertigungssteuerung durch Maschinenmanagement

Dipl.-Ing. W. Resch, VDMA

Fertigungsflexibilität durch Produktionsvereinfachung

Fertigungsorganisation, Fertigungssicherheit, Prozess- und Produktdatenmanagement

Dr. A. Huppertz,
Claas Guss GmbH

Produktentwicklung in der Gießerei - eine Querschnittsaufgabe für die deutsche Industrie

Wissensmanagement und Informationsbeschaffung in kleinen und mittelständischen Gießereien-Integration virtueller Werkzeuge

Dipl.-Ing. E. du Maire,
Heidenreich & Harbeck AG

Zusammenfassende Diskussion - Future Scenario

Prof. Dr. D. Hartmann,
Institut für Gießereitechnik

Dr. J. C. Sturm, Magma GmbH

Der Inhalt der einzelnen Präsentationen wird im Folgenden zusammenfassend dargestellt. Abschließend folgt anhand von Themenfeldern eine Erläuterung des zukünftigen F&E-Bedarfs.

Die deutsche Gießereiindustrie produziert zurzeit durchschnittlich ca. 5 Mio. t Guss pro Jahr und erzielt dabei einen Umsatz von ca. 10 Mrd. EURO. Produziert wird in rund 700 überwiegend mittelständisch strukturierten Betrieben mit insgesamt ca. 80.000 Mitarbeitern. Damit ist Deutschland weltweit die 5. größte Gießereination und unangefochten die Nummer 1 in Europa.

Betrachtet man als Maß für die Produktivität der Gießereien die Produktion pro Mitarbeiter, so liegt Deutschland laut einer Statistik des CAEF an führender Position. Die EST-Gießereien beliefern dabei mit über 50 % den Fahrzeugbau, gefolgt vom Maschinenbau mit ca. 25 %. Bei NE-Metallgießereien ist der Kunde Fahrzeugbau mit über 60 % noch dominanter.

Die Herausforderungen, die auf die deutschen Gießereien zukommen, werden bestimmt von den Entwicklungen und Tendenzen bei den Hauptabnehmern, dem Fahrzeugbau und dem Maschinenbau:

Die gesamte Wertschöpfung der Automobilindustrie soll dabei nach einer VDA-Studie der *Mercer Management Consulting* von heute ca. 650 Mrd. EURO auf ca. 900 Mrd. EURO in 2015 steigen, der Wertschöpfungsanteil der Zulieferer und Dienstleister von heute 65 % auf ca. 77 % ansteigen. Dies bedeutet also sowohl absolut als auch anteilig eine deutliche Zunahme der Wertschöpfung von Zulieferern und Dienstleister. Teilt man

die Fahrzeuge in seine 7 Großmodule ein, so wird diese Verschiebung hin zu Zulieferern in allen Modulen prognostiziert, also auch in den Gussteile tragenden Modulen wie Fahrwerk, Motor und Antriebsstrang. Diese Zunahme der Wertschöpfung der Zulieferer betrifft nicht nur alle Modelle, sie betrifft auch alle Wertschöpfungsstufen von der Vorentwicklung bis zur Fahrzeugmontage. Ein ähnliches Szenario kann für den Maschinenbau angenommen werden.

Für die Gießereien als klassische Zulieferer ergibt sich somit in der Konsequenz für die Sicherung der Zukunftsfähigkeit die Überlegung zur Erweiterung der eigenen Wertschöpfung nach zwei Richtungen: Auf der einen Seite den Aufbau von Entwicklungskapazitäten bis hin zur Bauteilauslegung, auf der anderen Seite aber auch die Erweiterung der ersten Fertigungsstufe durch Bearbeitung und Montage zu Baugruppen stellen. Dies stellt eine erhebliche Herausforderung dar. Dies ist unmittelbar mit einer zügig umzusetzenden Veränderungsfähigkeit verknüpft. Herausforderungen müssen schnell aufgegriffen werden, Know how muss erhalten und neue Kompetenzen geschaffen werden. Kooperationen und Netzwerke, insbesondere auf den Feldern Ressourcen- und Wissensmanagement, müssen aktiv aufgebaut und gefördert werden. Das Ziel, intelligenter und damit ökonomischer zu produzieren, erfordert neues ganzheitliches Denken, eine konsequente Nutzung und Optimierung der Informationstechnologien und der gesamten Logistikkette.

Es gibt in diesem Zusammenhang konkrete Basis-Erwartungen an jeden Entwicklungspartner, der sich zu einem Anbieter der kompletten Entwicklungsverantwortung inklusive Funktionsauslegung qualifizieren will. Hierzu gehören unabdingbar:

- die Fähigkeit zum Datenhandling mit den diversen 3D-CAD-Systemen,
- die Zusicherung von Bauteileigenschaften, Kosten und Terminen zum Angebotszeitpunkt (und zwar in Serienreife),
- es werden bereits im Entwicklungsprozess Aussagen und Maßnahmen zur Prozesssicherheit erwartet,
- in dieser ersten Phase einer Entwicklungspartnerschaft liegt ein Schwerpunkt sicherlich auf der fertigungsbegleitenden Prozess- und Bauteiloptimierung sowie der Kooperation mit Dienstleistern mit entsprechendem Spezial-Know how, wie z.B. Berechnungsbüros oder Prüflaboratorien.

Dreh- und Angelpunkt jeder Entwicklungspartnerschaft ist aber die Zusicherung der geforderten Bauteileigenschaften, von Kosten- und Termineinhaltung zu einem Zeitpunkt, bei dem außer eines ersten Layouts und grundsätzlichen Vorstellungen zur Fertigung noch nicht viel mehr existiert.

- Es bedarf daher einer Prozessauslegung und Prozessentwicklung mit Hilfe von innovativen Simulationswerkzeugen, es verlangt Prototypen und Vorserien mit einem serienähnlichen Prozess.
- Es verlangt eine äußerst flexible Anpassung an Projekt- und Lieferpläne und auch an technischen Änderungen.
- Immer kürzere Modelllebenszeiten und zunehmende Modellvielfalt begründen die zentrale Basis-Erwartung an die Fähigkeit der Zulieferer zu einem schnellen Serienanlauf, also auch zum schnellen Erreichen der „Kannlinie“. Die hierfür benötigten Zeiträume beim OEM sind aufgrund der komplexen Zulieferungen heute noch aus eigener Sicht der OEMs viel zu lange.

Aus dem Vorgesagten lässt sich leicht ableiten, dass die Prozessplanungsphase in den nächsten Jahren deutlich an Bedeutung zunehmen wird. Dies bedeutet in erster Linie, dass

- das Zeitfenster vom ersten Entwurf bis hin zur Serienfertigung enger wird,
- die Anforderungen an die kalkulatorische Genauigkeit zunehmen werden,
- die Bauteile auch grenzgängiger werden, damit das Prozessfenster enger wird,
- an die Produktion bezüglich Prozess- und Maschinentechnologie und in der Folge an die Prozessbeherrschung und Einhaltung zugesicherter Eigenschaften immer höhere Anforderungen gestellt werden. In Bezug auf die Gießereiproduktion liegen diese im Vergleich zu anderen Fertigungsverfahren auf einem deutlich höheren Niveau.

Es ist also davon auszugehen, dass die Prozessplanung mit den traditionellen Werkzeugen aufgrund der Komplexität der Prozesse und Anforderungen an die Genauigkeit der Planung an ihre Grenzen stößt und hierfür neue Werkzeuge benötigt werden. Die computergestützte Prozesssimulationen aller Teilprozesse im Sinne einer Fertigungsplanung aber auch des Gesamtprozesses im Sinne einer Ablauf- und Gesamtkostenoptimierung ist in diesem Zusammenhang eine notwendige Forderung.

Die Frage nach den wesentlichen technologischen Herausforderungen an die Gießereien und dem daraus abzuleitendem Entwicklungs- und Forschungsbedarf kann nun wie folgt zusammenfasst werden.

- Die notwendige Erweiterung der Wertschöpfungskette erfordert eine erweiterte Entwicklungskapazität, und die Integration von Bearbeitungs- und Montagekapazitäten in der Fertigung.
- Der Trend hin zu komplexen Multifunktions-Gussteilen erfordert
 - die Verfügbarkeit flexibler und hochleistungsfähiger Produktionsprozesse und
 - die entsprechende Fertigungslogistik, um die steigende Variantenzahl zu realisieren (weil Variantenmöglichkeit durch Montage entfallen),
 - die Einstellung individueller Eigenschaftsprofile in Bauteilen,
 - die Reduzierung der Planungsphasen und Anlaufzeiten.
- Prozesstechnologie und Prozessbeherrschung müssen mit dieser Komplexität Schritt halten und weiterentwickelt werden. Ferner sind verbesserte Möglichkeiten zur Verknüpfung von Prozessparametern und Bauteileigenschaften zu schaffen, dies schließt auch eine lückenlose Identifikation und Rückverfolgbarkeit der Bauteile mit ein.
- Die benötigte Qualifikation der Mitarbeiter für all diese Herausforderungen muss konsequent und kontinuierlich über entsprechende Maßnahmen gefördert und weiterentwickelt werden.

Die daraus abgeleiteten, notwendigen Aufgaben zukünftiger Forschung und Entwicklung für die Produktion in Gießereien sind im Folgenden beschrieben.

Themenfeld 1: „Prozessentwicklung, Prozessoptimierung, Prozessregelung“

Größere Entwicklungsschritte sind heute nur noch dann realisierbar, wenn zusätzlich eine Koppelung mit der Werkstoffentwicklung stattfindet und die potentiell herzu-

stellenden Produkte von vornherein berücksichtigt werden. Nur eine ganzheitliche Betrachtung der Prozesskette führt letztendlich zu realisierbaren Vorteilen. Interessant sind auch Überlegungen, die zu einer signifikanten Prozessvereinfachung und/oder höheren Prozesssicherheit führen.

Voraussetzung dazu ist die genaueste Kenntnis von Ursache Wirkungsbeziehungen. Die gießereitechnologische Forschung ist daher auf die Gewinnung präziser Kenntnisse und Vorhersagemöglichkeiten des Zusammenhangs zwischen Prozessparametern, ihren Veränderungen und den Folgen am Bauteil auszurichten. Hierzu ist die umfassende Prozessdatenerfassung und die richtige Prozessdatenbewertung Voraussetzung für die Einrichtung kontinuierlicher Steuer- und Regelkreise mit Soll-Ist-Rückkopplung und Anpassung der Prozesseingangsparameter. Dies gilt für den einzelnen Prozess ebenso wie für den vernetzten Gesamtprozess „Gießerei“. Die Automatisierung selbstregelnder Prozessabläufe objektiviert den Fertigungsprozess, erhöht die Reproduzierbarkeit und sichert so langfristig die Qualität der Gusserzeugnisse. Dies wiederum führt nicht nur zu einer Festigung der Position der deutschen Gießereien im internationalen Wettbewerb sondern ist auch strategische Voraussetzung für einen Ausbau dieser Position, indem Produktinnovation mit Prozessinnovation gekoppelt wird.

Themenfeld 2: „Steuerung und Regelung von Prozessen mit Methoden des Wissensmanagements“

Die auf Rückkopplung zwischen Soll- und Ist-Werten basierende Steuerung und Regelung von Prozessen erfordert zunächst die gesicherte Datenerfassung und Datenbewertung des Ist-Zustandes. Hierzu ist der mess- und informationstechnische Entwicklungsbedarf für Gießereimaschinen und -prozesse zu berücksichtigen. Für viele wichtige Prozessparameter in Gießereien stehen heute keine geeigneten Meßsysteme zur Verfügung. So ist beispielsweise das Problem der kontinuierlichen Temperaturmessung insbesondere in Gusseisenschmelzaggregaten oder die online Messung von Formstoffparametern nicht gelöst, an Hochleistungsformanlagen fehlen robuste, hochgenaue Messsysteme für die on-line Erfassung von geometrischen Kenndaten der produzierten Formkavitäten (optische Systeme, berührungslose Meßsysteme).

Die richtige, intelligente Bewertung und Gewichtung aller gemessenen Daten ist der Schlüssel zur Optimierung einzelner Prozesse sowie des Gesamtprozesses „Gießerei“. Eine ganz wesentliche Voraussetzung dafür ist die Verfügbarkeit aller bauteilbezogenen Produktionsdaten, die eine lückenlose Historie der Bauteilentstehung gewährleistet. Die Umsetzung oder Anpassung von Identifizierungs- und Rückverfolgbarkeits-Technologien an die spezifischen Randbedingungen einer Gießerei ist eine Herausforderung für diesbezügliche Forschung und Entwicklung.

Die Bewertung und Gewichtung dieser Gesamtheit von Prozessdaten und das Erstellen von Schlussfolgerungen im nächsten Schritt erfordert Expertenwissen in allen Prozess teilbereichen, z. B. beim Schmelzen, Formstoffaufbereitung, Form- und Kernherstellung, Anschnitt- und Speisertechnik. Die Zusammenführung von Prozessdaten und Prozesswissen ist Voraussetzung für die Erstellung kontinuierlicher Prozessregelkreise. Für eine dauerhafte Nutzung der Gesamtheit des individuellen Mitarbeiterwissens in einem gesteuerten und geregelten Prozess ist die Entwicklung von Systemen von großer Bedeutung, die sowohl explizites als auch implizites Wissen erfassen und managen können. Diese Systeme sind dann über geeignete Algorithmen in Prozessregelsysteme zu implementieren.

Themenfeld 3: „Innovative Produktionstechniken für hochkomplexe Bauteile“

Nicht nur die metallurgischen Qualitätsanforderungen an gegossene Bauteile werden immer größer sondern auch der Komplexitätsgrad der Bauteile. Dies bedeutet eine große Herausforderung für Großserienprozesse. So sind beispielsweise Ölfiltergehäuse mit hochkomplexen Innenstrukturen wegen der damit verbundenen Hinterschnitte im Druckgießverfahren nur schwer darstellbar. Metallische Schieber zur Darstellung der Hohlräume stoßen auf Grund der Komplexität der Bauteilinnenstrukturen an ihre Grenze. Die Lösung solcher Fertigungsprobleme ergibt sich dadurch, dass bestehende oder neue Techniken kombiniert werden zu einem auf das Bauteil zugeschnittenen Fertigungsprozess.

Themenfeld 4: „Innovative Werkzeuge und Methoden der Bauteilentwicklung

Methodenentwicklung und die Optimierung von Konstruktionsberechnungsverfahren zur Designoptimierung von Gussteilen stellen nach wie vor ein kaum genutztes Potential dar. Hierbei sind insbesondere auch die Zusammenarbeit und der Informationsfluss zwischen Bauteilentwickler und Gießerei zu berücksichtigen. Wichtig ist auch eine Vereinbarung gewisser Standards für die Nachvollziehbarkeit der Lösung. Außerdem muss der Bauteilentwickler möglichst ohne größeren Mehraufwand eine gusspezifische Lösung erarbeiten können.

Themenfeld 5: „Virtuelle Fertigung durch Modellierung und Simulation von Prozessketten“

Die Einführung geschlossener Regelkreise für Gießereiprozesse kann nur dann zu einer Effizienzsteigerung führen, wenn die rein empirischen Steuerungsmodelle für komplexe Prozesse mit analytischen Modellen hinterlegt werden, die dann in Prozesssimulationsprogramme implementiert werden. Diese Prozesssimulation ermöglicht dann nicht nur eine Optimierung bestehender Prozesse, sondern ist auch Voraussetzung für die Entwicklung und Modellierung neuer Prozesse, die auf neue Produkte exakt abgestimmt sind. Dadurch wird eine simultane virtuelle Produkt- und Prozessentwicklung („Simultaneous Modelling“) ermöglicht.

Die Simulierung eines Prozesses ermöglicht zum einen eine vorwärts gerichtete Prozessregelung insbesondere von Prozessen, deren Parameter bisher nicht oder nur schwer zeitnah erfassbar sind. Andererseits kann eine Folge dieser Prozessmodellierung auch die Steigerung der Verfügbarkeit von Anlagen im Produktionsprozess sowie gegebenenfalls die Einsparung ganzer Prozessschritte sein. Hierdurch wird es gelingen, eine wesentlich höhere Prozesssicherheit bei optimierten Prozesskosten zu erreichen. Dies gilt für den zentralen Prozess einer Gießerei – den physikalisch-chemischen Vorgängen beim Gießvorgang und der Erstarrung in der Form – sowie für alle vor- und nachgeschalteten Prozesse. Letztlich führt dies zur vernetzten Modellierung des aus Einzelprozessen bestehenden gesamten Wertschöpfungsprozess in der Gießerei.

Themenfeld 6: „Werkstoffentwicklung“

Nach wie vor gibt es Raum für maßgeschneiderte Werkstofflösungen, die mit vorhandenen bzw. leicht modifizierten Prozessen umgesetzt werden können. Das grundsätzlich vorhandene Potential für Werkstoffpaarungen – z. B. Verbundbauteile, Gradientenwerkstoffe, verstärkte Bauteile – ist noch nicht erschöpft. Besondere Bedeutung kommt auch der Optimierung der Werkstoffe für dynamische Beanspruchungen der Bauteile sowie der gezielten Nutzung von Nachbehandlungsprozessen wie Strahlen, Hippen oder der Wärmebehandlung zu.

Themenfeld 7: „Integration des Umweltschutzes in den Produktionsprozess“

Nachhaltige Vermeidung von Emissionen und eine möglichst vollständige Kreislaufwirtschaft von Werkstoffen und Prozessmaterial sind von besonderem Interesse. Hierbei ist besonders auf Maßnahmen zu prozessintegrierten Umweltschutz zu setzen.

Themenfeld 8: „Qualifikation“

Anwendung erfolgreicher Arbeitsweisen aus anderen Fertigungstechnologien sowie eine stärkere interdisziplinäre Ausbildung der Mitarbeiter und Führungskräfte versprechen schnelle positive Effekte für die Gießereiunternehmen. Der Aufbau von Qualifizierungsnetzwerken und der zeitnahe Zugriff auf verfügbares Wissen sind erforderlich.

Themenfeld 9: „Qualitätsmanagement“

Zeitgemäßes Prozess- und Produktdatenmanagement werden zukünftig nachdrücklicher gefordert. Das Produkt wird immer stärker auch zum Träger zusätzlicher Informationen und intelligente Betriebsmittel können eine qualitätsgerechte wissensbasierte Produktion unterstützen.

Mit diesen neun Themenfeldern griff das Fachgespräch die aktuellen Schlüsselthemen in der Gießereiindustrie zur nachhaltigen Erhöhung der Fertigungsflexibilität auf und fixierte so den F+E-Bedarf auf den zukünftig entscheidenden Kompetenzfeldern.

Durch das gemeinsame Fachgespräch von Experten der Gießereitechnik und Experten des Gießereimaschinenbaus gelang es, die wichtige Schnittstelle zwischen Prozesstechnologie und Anlagentechnik gemeinsam zu definieren und Entwicklungspotentiale aufzuzeigen. Nur bei einer optimalen Vernetzung dieser Schnittstelle ist die notwendige Erhöhung der Fertigungsflexibilisierung erreichbar.